

382662

公告本

申請日期：

88.6.25

案號：

88110720

類別：

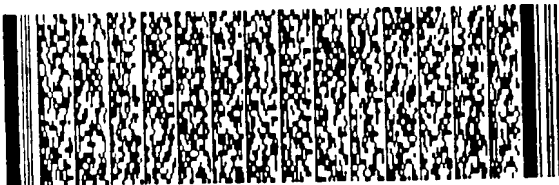
G01B 6/46

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

382662

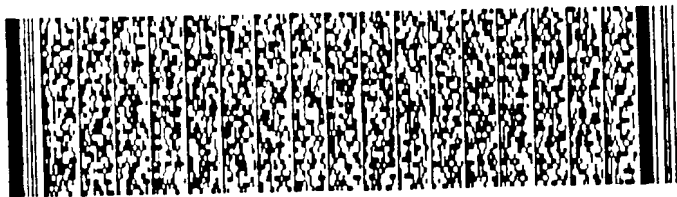
一、 發明名稱	中文	反射率可調的光纖反射裝置及其製作方法
	英文	
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 黃鼎偉 2. 劉文豐 3. 吳正文 4. 楊志忠
	姓名 (英文)	1. 2. 3. 4.
	國籍	1. 中華民國 2. 中華民國 3. 中華民國 4. 中華民國
	住、居所	1. 台北市中山區新福里4鄰民權東路二段71巷21弄12號2樓 2. 台北市士林區天和里10鄰中山北路七段14巷61弄9號一樓 3. 桃園縣龍潭鄉三林村31鄰建國路123巷33號 4. 台北市文山區試院里30鄰木柵路一段58巷27號二樓
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 行政院國家科學委員會
	姓名 (名稱) (英文)	1.
	國籍	1. 中華民國
	住、居所 (事務所)	1. 台北市和平東路二段一〇六號十八樓
	代表人 姓名 (中文)	1. 黃鎮台
	代表人 姓名 (英文)	1.



四、中文發明摘要 (發明之名稱：反射率可調的光纖反射裝置及其製作方法)

一種反射率可調的光纖反射裝置及其製作方法，其係利用聲波激發光纖橫向振動，以控制光纖光柵製成後之布拉格(Bragg)反射率。利用聲波在光纖光柵上激發橫向振動，造成：(1)光纖光柵的條紋產生週期性角度擺動，產生類似斜向光纖光柵的效果，而改變其布拉格反射率。(2)正向傳播核心導波模態的光強減弱，使在布拉格波長處反向耦合量改變。由以上兩種機制的合力作用，來達到控制光纖光柵在製作完成後其布拉格反射率之目的。為了加強聲波所激發的橫向振動振幅，本發明並將光柵區之光纖蝕刻成截面漸縮的形狀。至於激發光纖橫向振動的方法則利用玻璃或金屬角錐，將其尖端固定於光纖之一側，聲波經由一壓電晶體沿角錐傳至光纖，或者利用一玻璃角錐

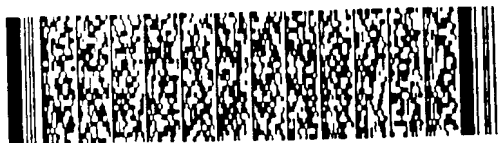
英文發明摘要 (發明之名稱：)



四、中文發明摘要 (發明之名稱：反射率可調的光纖反射裝置及其製作方法)

的尖端與光纖熔接，以斜向之壓電晶體使聲波傳入光纖時可產生橫向振動。由於此技術可在光纖光柵製作完成後，任意控制其布拉格反射率，用途極為廣大，市場價值極高。

英文發明摘要 (發明之名稱：)



本案已向

-2

國(地區)申請專利

申請日期

案號

主張優先權

無

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

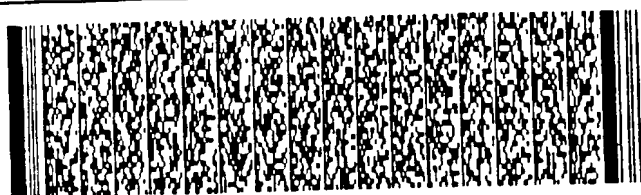
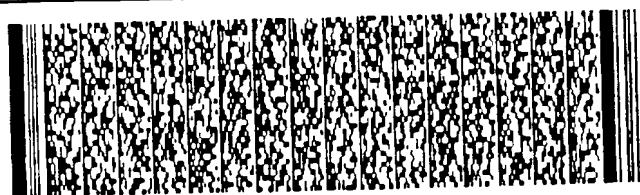
無

五、發明說明 (1)

本發明係有關於一種反射率可調的光纖反射裝置及其製作方法。

由於光纖光柵具有低損耗、高可靠度、價廉、可直接連結光纖系統等優點，所以其在光電上的應用相當廣泛，例如各種由光纖光柵製作的應力、溫度、磁場、加速度等感測器、雷射波長穩定及窄化元件、光纖通信用的各種濾波器、波段選擇器、多工器、光纖雷射、超短光脈衝之色散補償等，市場價值非常大。

光纖光柵的製作及基本操作原理如下：利用紫外線雷射照射，以干涉或相位光罩的方式，使其光纖的核心(core)沿軸方向產生週期性的折射率變化，因而在光纖中傳播的光訊號會產生繞射作用，這使得光訊號在不同的傳播模態間產生耦合現象。最顯著的特徵是以單模光纖製作光柵，當光纖中傳播的光波長符合光纖光柵的布拉格(Bragg)條件時，正向傳播的光訊號會耦合至反方向。由於這種反向耦合只能在很窄的波長範圍內產生，因此可以用來作為光纖通信中的濾波器、多工器、解多工器，或作為雷射共振腔的一端，以達到穩定及窄化雷射波長的功能。另外，如果將光纖光柵的外部施以應力或溫度的變化，可以對光柵的週期及等效折射率產生改變，使反向耦合(或反射)的布拉格波長(Bragg wavelength)也產生改變。透過監測布拉格波長的改變，可以測知應力的大小或溫度的變化。利用這樣的特性而製成的光纖光柵感測器可以用於應力、溫度、磁場、加速度等感測上，而這樣的光



五、發明說明 (2)

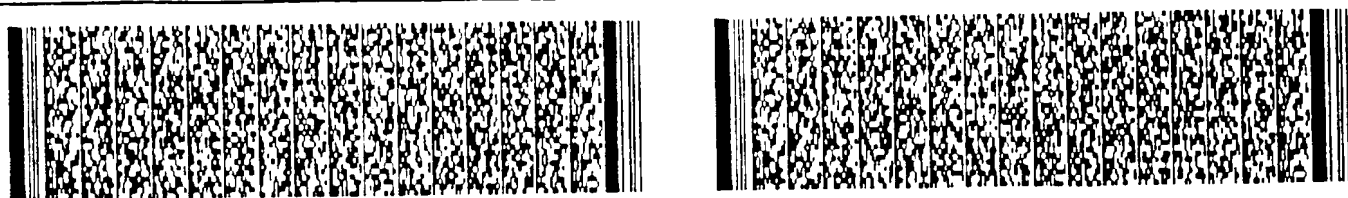
纖感測器其優點為：積體小、靈敏度高、解析度高、不產生電磁輻射、不受電磁干擾、不易老化等。

此外，如果在製作光纖光柵時將光柵週期製作成漸變的形式，會增寬反射頻譜並產生強烈的色散效應，因此可以應用於超短光脈衝之色散補償。

光纖光柵的布拉格反射波長由光柵的週期及等效折射率決定，其反射率則由折射率調變量(index modulation)、光柵長度來決定。在光纖光柵製作完成後，光柵的週期、折射率調變量、光柵長度都已經固定。要事後改變光纖光柵的布拉格反射波長，可以改變溫度或施加應力來達到目的，然而欲於寫製後改變光纖光柵之反射率則相當困難。因此，如果能有一套可行且容易控制的機制，於光纖光柵完成後可控制其反射率，將可拓展光纖光柵的應用範圍及價值，例如可調的濾波器、波長切換開關、光調變器、全光纖之Q開關(Q-switching)光纖雷射等，都可以用反射率可調式光纖光柵來達成，如此一來，也可提升WDM全光網路的性能。

本發明的目的即是在於提供一種反射率可調的光纖反射裝置及其製作方法，其可在光纖光柵完成後，仍可任意控制其布拉格反射率。

過去也有一些光纖元件利用聲波的影響來達到某些功能。例如，在Optics Letters, 19, 1964 (1994)中，T.A. Birks et al.利用一個特殊的四埠(four-port)熔接漸變(taper)光纖耦合器，以聲波激發光纖橫向振動，來

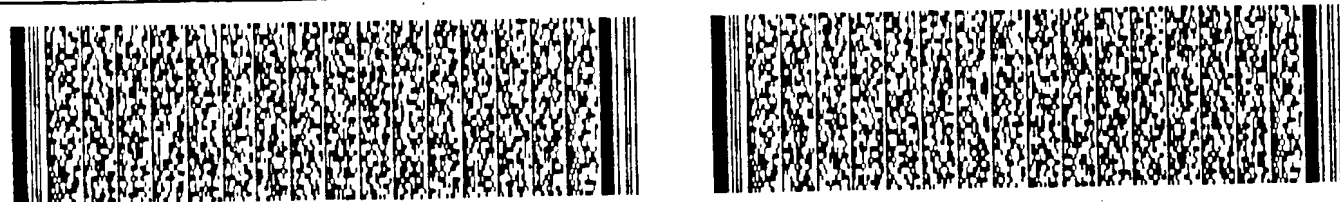


五、發明說明 (3)

達到光訊號頻率移動的目的。另外，在Optics Letters, 21, 27(1996)中，S. H. Yun et al. 利用一個雙空間模態耦合器，來以聲波達到可調濾波器之功能。隨後，在J. Lightwave Technology, 16, 2006(1998)中，W. F. Liu et al. 利用光纖光柵，以聲波產生沿光纖軸向振動，來產生布拉格反射頻譜的旁帶(side bands)。此旁帶反射強度隨入射聲波強度而變，如此，可達到控制旁帶光訊號反射率的目的。此種元件頗具實用價值，也有反射波長可調動的優點。然而，它也有缺點，例如要製作這樣具有高調變幅度的元件，原來光纖光柵的布拉格反射率必須要相當高，同時聲波也需要相當強才能產生足夠強的旁帶，這樣就增加了製作元件的困難度。此外，由於旁帶可能極為接近原來的布拉格反射頻帶，而增加使用上的困難。因此，若能利用其他機制來更容易的調變光纖光柵布拉格反射率，將對這方面的應用助益極大。

為了使光纖光柵在製作完成後，其布拉格反射率仍能任意調整。我們提出的方法是以聲波在光纖中產生橫向振動(transverse vibration)，造成(一)光纖光柵的條紋產生週期性角度擺動，產生類似斜向光纖光柵的效果。(二)正向傳播核心導波模態的光強減弱，使在布拉格波長處耦合量減少，因而改變其布拉格反射率。因此，藉由變化輸入聲波的能量即可改變光纖中造成橫向振動的幅度，進而控制布拉格反射率的大小。

圖式簡單說明：



五、發明說明 (4)

第1圖係繪示當光纖橫向振動時，產生類似斜向光纖光柵的效果。

第2圖係繪示在橫向振動的光纖中因光纖擺動所造成的小角度扭曲，使正向傳播的核心導波模態光場容易在光纖扭曲處，耦合進入同向的被覆層模態光場。

第3圖係繪示正向傳播的模態光場，受到光柵的繞射作用，與反向傳播的模態光場耦合。

第4圖係繪示橫向驅動光纖以激發光纖光柵之橫向振動，而達成控制光纖光柵布拉格反射率的之裝置。

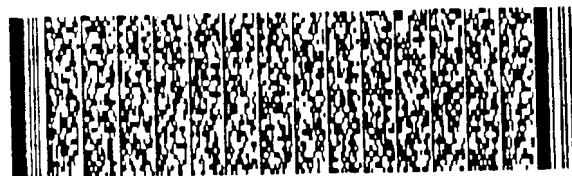
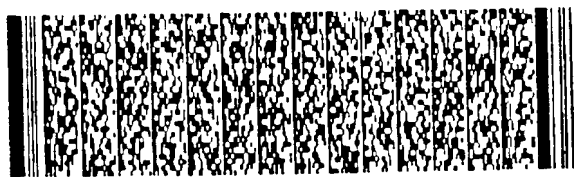
第5圖係繪示斜一角度縱向驅動光纖以激發光纖光柵之橫向振動，而達成控制光纖光柵布拉格反射率的之裝置。

第6圖係繪示利用環狀之壓電晶體及中空之玻璃角錐，斜一角度縱向驅動光纖以激發光纖光柵之橫向振動，而達成控制光纖光柵布拉格反射率的之裝置。

第7圖係繪示將氫氟酸懸浮於二甲苯及三氯乙烯之間，以使光纖蝕刻成截面漸縮形狀之裝置。

第8圖係繪示一布拉格波長為 1543.82nm 光纖光柵反射頻譜的實際量測結果，控制壓電晶體的正弦波電壓大小，光纖光柵的反射率可以從原先的100%連續地改變到幾乎為0%。

第9圖係顯示兩條曲線：下半部為壓電晶體上的電壓訊號，係一正弦波再施以方波的調變，以此來模擬聲波輸入的開關狀態；上半部曲線顯示在布拉格波長反射率的量



五、發明說明 (5)

測值。當無聲波輸入時，反射率為100%，而當聲波輸入時，反射率變成幾乎為0%。

第10圖係將量測的頻譜範圍擴大，也可以在cladding-core耦合波長處(如圖中1540.4nm及1542.1nm兩處)，觀測到其反射強度的變化。其變化較不規則，顯示它和聲波振幅間的關係較複雜。

參考標號之說明

光纖10、28、32、50；光纖光柵12、26、38；壓電晶體20、34、44；玻璃或金屬角錐22；實心玻璃角錐30；中空玻璃角錐40；電壓訊號源24、36；容器48；三氯乙烯52；氫氟酸54；二甲苯56；水58。

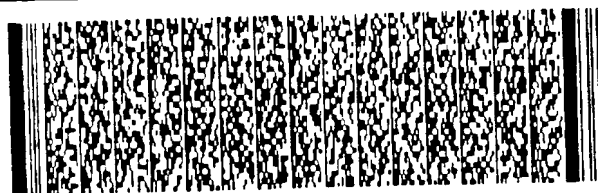
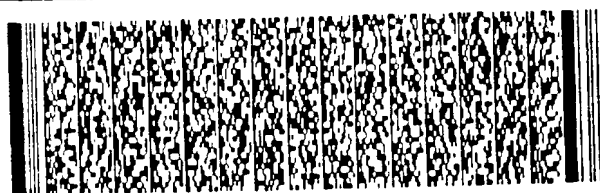
實施例之說明

為了增進對本發明之理解，首先針對本發明之原理提出說明如下。

聲波在光纖中會激發兩種型式的振動：縱向振動(longitudinal vibration)和橫向振動(transverse vibration)。其中，當光纖橫向振動時，會有下列兩種現象：

(一)光柵的條紋相對於垂直光纖軸方向產生了一個小角度的擺動，而產生類似斜向光纖光柵(tilted fiber grating)的效果，而斜向光纖光柵具有的兩個特性(見T. Erdogan et al. J. Opt. Soc. Am. A, 13, 296(1996))：

(1)光纖光柵的布拉格反射率改變：請參閱第1圖，在



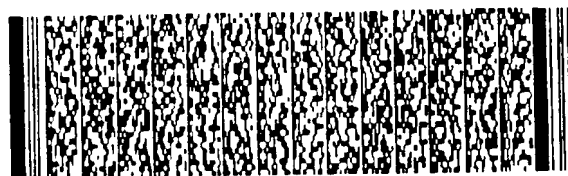
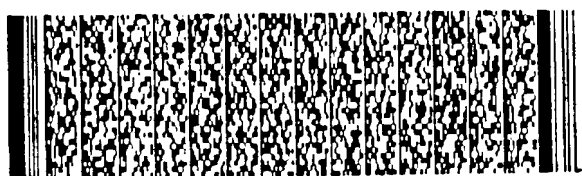
五、發明說明 (6)

光纖10中，¹²由於光纖光柵12的條紋斜一角度，使光場在光纖光柵區感受的等效折射率調變量改變，因而改變其布拉格反射率。

(2) 光纖光柵中光訊號由核心導波模態(guided mode)耦合至被覆層模態(cladding mode)增強：由於光纖光柵的條紋斜一角度，使核心導波模態光場受光纖光柵繞射後較易耦合進入被覆層模態，因此，來自減弱的核心導波模態之布拉格反射量自然也會改變。

(二) 正向傳播核心導波模態光訊號在光纖扭曲處，因耦合進入同向的被覆層模態光場而減弱，因此在布拉格波長處的反向耦合量改變。

請參閱第2圖，在橫向振動的光纖10中，因光纖擺動所造成的小角度扭曲，使正向傳播的核心導波模態光場(以core⁺代表)容易在光纖扭曲處，耦合進入同向的被覆層模態光場(以cladding⁺代表)，這使得正向傳播的核心導波模態的光強減弱，而正向傳播的被覆層模態光強度增高。在光纖光柵中，這兩種正向傳播的模態光場，因受到光柵的繞射作用，也都與反向傳播的核心模態光場(以core⁻代表)及反向傳播的被覆層模態光場(以cladding⁻代表)耦合，如第3圖所示，所造成各模態光場間的耦合量與光纖橫向振動的振幅大小有關。在量測反射頻譜時，所量到的是反向傳播核心導波模態的光場(core⁻)強度，由於正向傳播核心導波模態(core⁺)的光強減弱，而正向傳播的被覆層模態(cladding⁺)光強增大，因此在布拉格波長

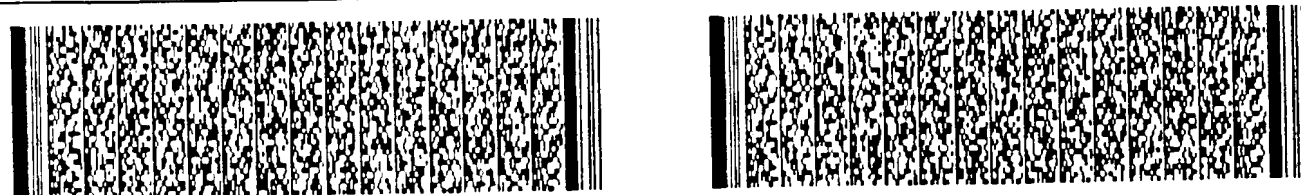


五、發明說明 (7)

(即 $\text{core}^+ - \text{core}^-$ 耦合波長) 處反射率改變，在 $\text{cladding}^+ - \text{core}^-$ 耦合波長處的反射率會有變化。其中 $\text{core}^+ - \text{core}^-$ 耦合情況較單純，當輸入聲波的功率增加，即橫向振動振幅增加，布拉格反射率改變。而兩個核心導波模態與兩個被覆層模態之間的耦合情況就相當複雜，所以在 $\text{cladding}^+ - \text{core}^-$ 耦合波長處，雖然可觀測到反射頻譜隨光纖橫向振動振幅的增加而改變，但其與橫向振動幅度的關係並不單純。

因此，我們利用上述之特性，以聲波激發光纖橫向振動，會造成：(一) 光纖光柵的條紋產生週期性角度擺動，產生類似斜向光纖光柵的效果，而改變其布拉格反射率。(二) 正向傳播核心導波模態的光強，因耦合進入同向的被覆層模態而減弱，使在布拉格波長處反向光場耦合量改變。由以上兩種機制的合力作用，可觀測到在布拉格波長處的反射率會隨光纖橫向振動振幅的變化而改變。而在 $\text{cladding}^+ - \text{core}^-$ 耦合波長處，也可觀測到反射強度隨橫向振動振幅的變化而改變的現象。

請參閱第4圖，為了激發光纖光柵之橫向振動，以達成控制光纖光柵布拉格反射率的目的，本發明之裝置係包括壓電晶體 (piezoelectric transducer, PZT) 20、實心玻璃角錐 22、電壓訊號源 24 及光纖光柵 26 等組件，該壓電晶體 20 與一訊號源 24 連接，而壓電晶體 20 之一面與該玻璃角錐 22 較粗一端連接，而該玻璃角錐 22 較細一端則橫接一截面漸縮形狀之光纖光柵 26，當壓電晶體 20 上輸入一電壓訊



五、發明說明 (8)

號，使其開始振盪，振盪頻率與訊號源頻率相同，而聲波沿著截面逐漸縮小的玻璃角錐22，漸漸增強振幅，再傳至單模光纖28側面，以激發其作橫向振動，藉以控制光纖光柵26之布拉格反射率。

請參閱第5圖，本發明之另一實施例係使實心玻璃角錐30較細一端，與光纖32熔接，將角錐30較粗的一端切為斜面，接上壓電晶體34，利用電壓訊號源36驅動壓電晶體34。當聲波進入光纖時，也可激發光纖橫向振動(及一部分的縱向振動)，藉以改變光纖光柵38的布拉格反射率。

若為了可當做光穿透式元件，可將第5圖的架構改成第6圖的架構，用一個中空的玻璃角錐40來替代，將角錐較細的一端，在箭頭A指示的位置，與光纖32膠著，將角錐40較粗的一端切為斜面，接上環型壓電晶體44，如此也可激發光纖橫向振動。

上述角錐的材質除了玻璃外，亦可以金屬替代。

為了再加強橫向振動強度，在光纖光柵處，利用氫氟酸蝕刻光纖，使其直徑縮小。請參閱第7圖，其繪示蝕刻的製程：在容器48內部，將氫氟酸54懸浮於二甲苯56及三氯乙烯52之間，並在其餘部分填入水58，將光纖50置於其中，一邊蝕刻一邊向上拉，以造成截面漸縮的蝕刻效果。因此，光纖的橫向振動傳播到此截面較細的區域會產生較大的振幅。同時，這樣截面漸縮的光纖也能維持較佳的韌性，較不易斷裂。

當完成上述步驟後，便可以觀察到：在壓電晶體上施

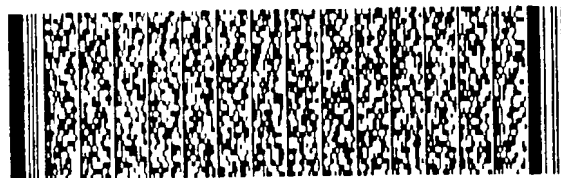
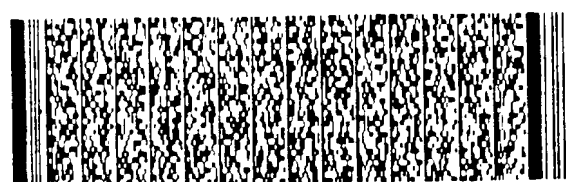


五、發明說明 (9)

以固定工作頻率(730kHz)但不同的電壓，便可得到不同的光纖光柵反射率，第8圖係繪示布拉格波長為1543.82nm光纖光柵反射頻譜的實際量測的結果。利用這種方法，控制壓電晶體的正弦波電壓大小，光纖光柵的反射率可以從原先的100%連續改變到幾乎為0%的效果，這就是一個可隨意控制反射率的光纖光柵。

這樣的元件可用來作為光開關，請參閱第9圖，其顯示兩條曲線：下半部為壓電晶體上的電壓訊號，為一正弦波再施以方波的調變，來模擬聲波輸入的開關狀態；上半部曲線顯示在布拉格波長之反射率的量測值。當無聲波輸入時，反射率為100%，而當聲波輸入時，反射率變成幾乎為0%的狀態。在此操作模式下，其開關的反應速率約為5kHz，這速率取決於壓電晶體的反應速率、光柵長度及光柵到電壓晶體的距離等。

另外，請參閱第10圖，若將量測的頻譜範圍擴大，也可以在cladding-core耦合波長處(1540.4nm及1542.1nm兩處)，觀測到其反射強度的變化，其變化較不規則，顯示它和聲波振幅間的關係較複雜。



六、申請專利範圍

1. 一種反射率可調的光纖反射裝置，其利用聲波激發光纖光柵作橫向振動以調變光纖光柵反射率，包括：壓電晶體、角錐、電壓訊號源及光纖光柵等組件，該壓電晶體與一訊號源連接，並與角錐較粗一端連接，而該角錐較細一端則橫向連接一截面漸縮之光纖光柵，當壓電晶體上輸入一電壓訊號，使其開始振盪，振盪頻率與訊號源頻率相同，而聲波沿著截面逐漸縮小的角錐，漸漸增強振幅，再傳至光纖側面，以激發其作橫向振動，藉以控制光纖光柵布拉格反射率者。

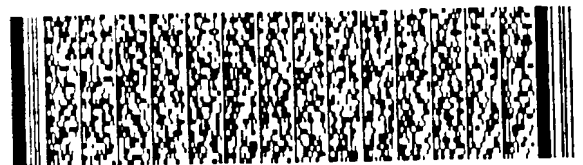
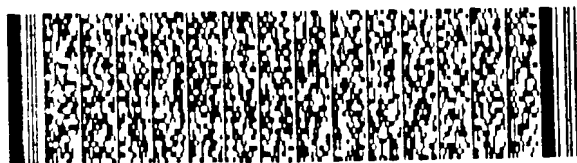
2. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中，上述角錐為一玻璃角錐。

3. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中，上述角錐為一金屬角錐。

4. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中，截面漸縮之光纖光柵熔接至玻璃角錐較細一端，而其較粗一端拋成一斜面，接設壓電晶體，使聲波進入光纖時，可激發其作橫向振動（及一部分的縱向振動），藉以控制光纖光柵布拉格反射率者。

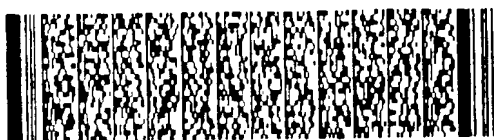
5. 如申請專利範圍第4項之裝置，其中，該玻璃角錐得以一中空的玻璃角錐替代，而該中空的玻璃角錐較細一端則與截面漸縮之光纖光柵膠著在一起者。

6. 如申請專利範圍第1項之裝置，其中，上述截面漸縮光纖光柵的製作技術，係於光纖中光柵的一段，以氫氟酸蝕刻為較小截面之技術者。

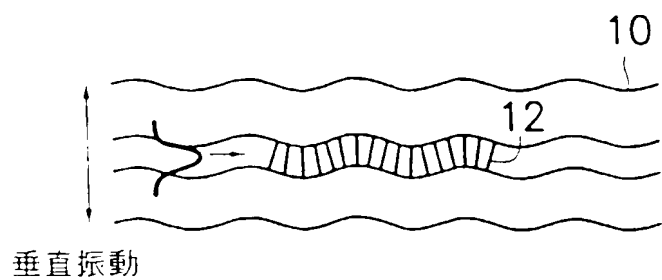


六、申請專利範圍

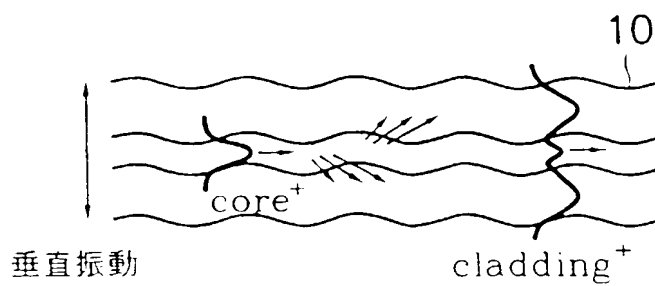
7. 如申請專利範圍第6項之裝置，其中，上述截面漸縮光纖光柵的製作技術係將氫氟酸懸浮於二甲苯及三氯乙炔之間，再將光纖置於其中，一邊蝕刻一邊向上拉，以形成截面漸縮之光纖光柵者。



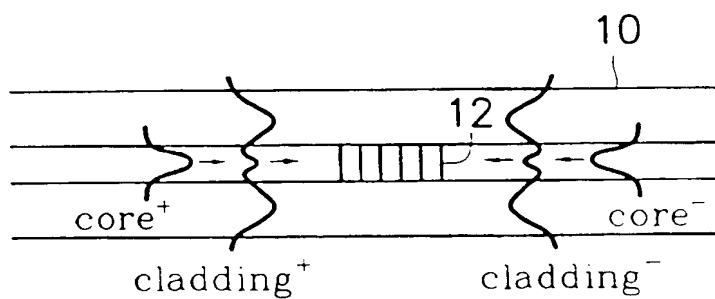
-2-



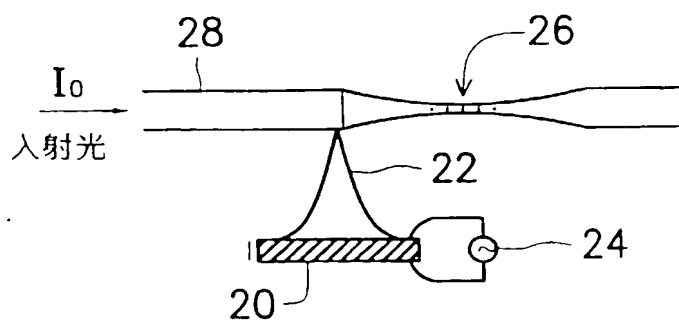
第 1 圖



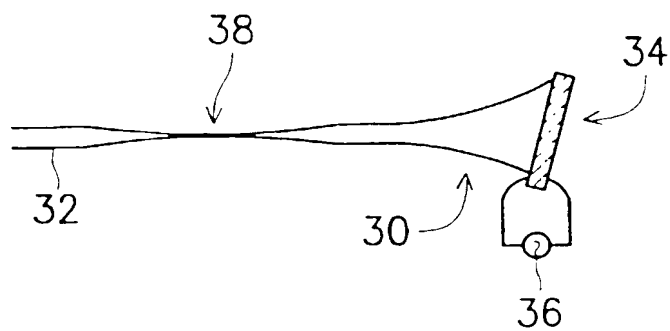
第 2 圖



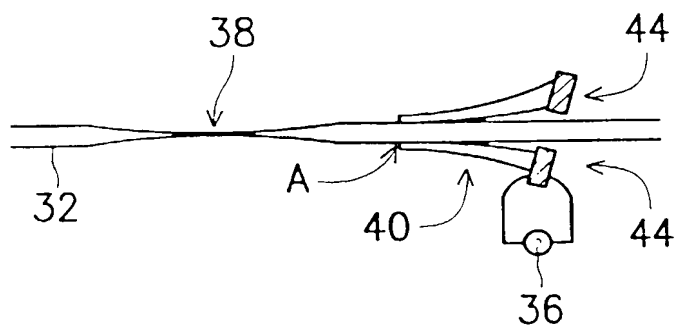
第 3 圖



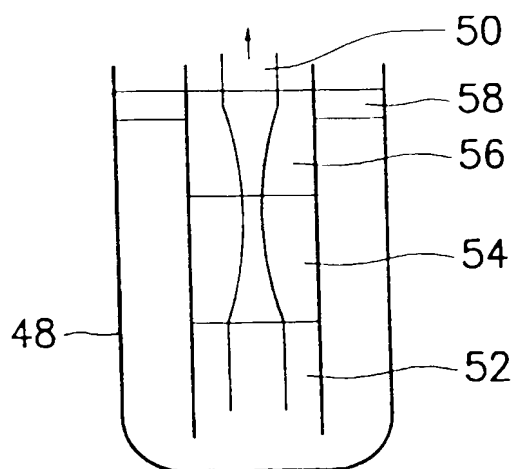
第 4 圖



第 5 圖

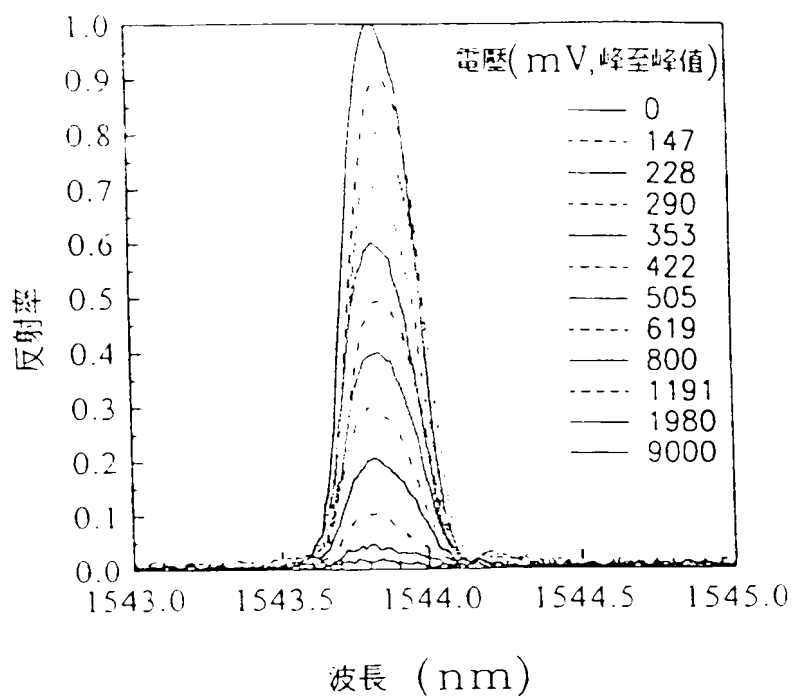


第 6 圖

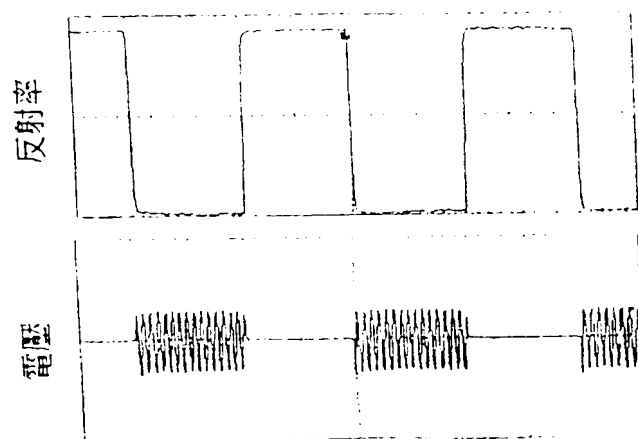


第 7 圖

382662



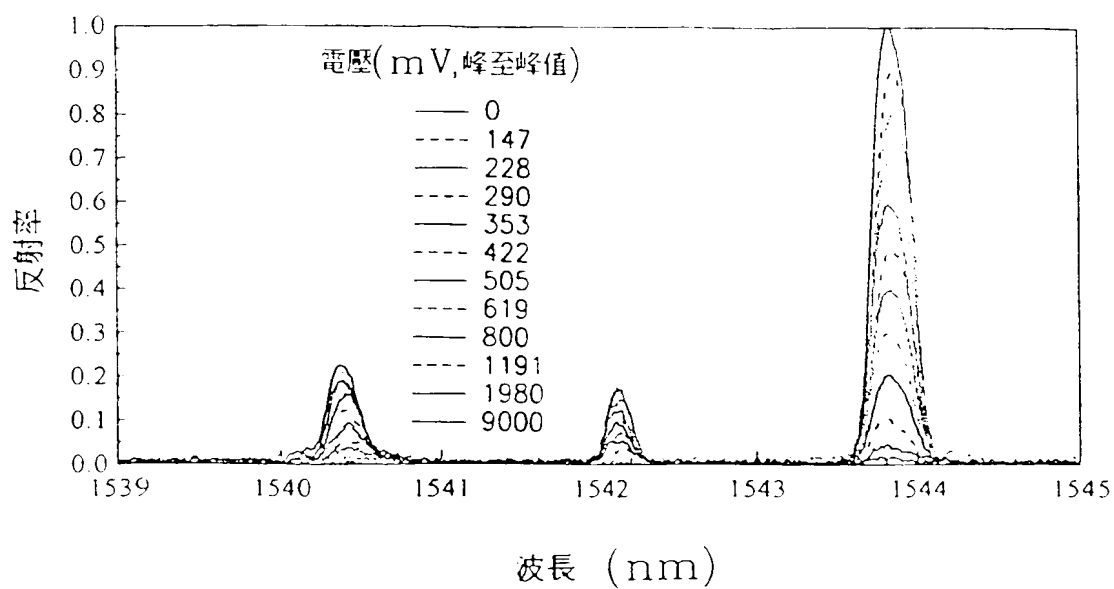
第 8 圖



時間 (2.5ms/div.)

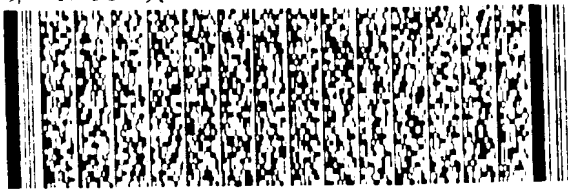
第 9 圖

38.662

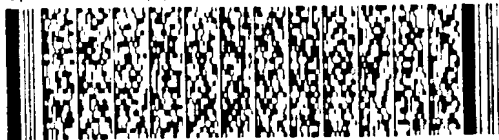


第 10 圖

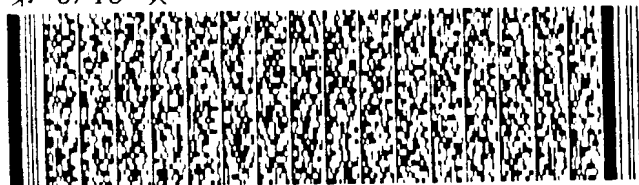
第 1/15 頁 852662



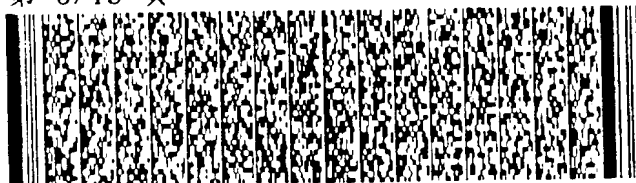
第 3/15 頁



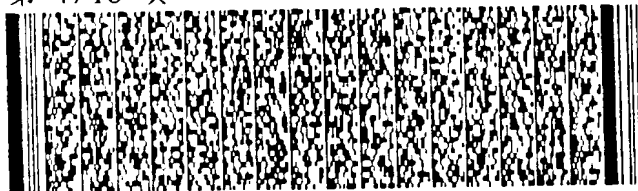
第 5/15 頁



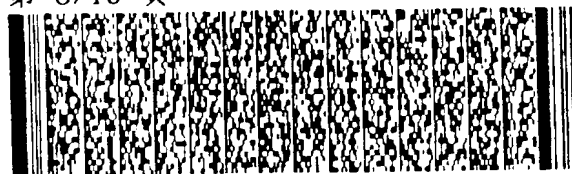
第 6/15 頁



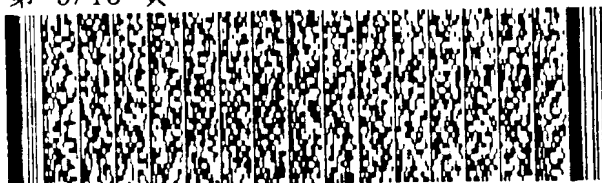
第 7/15 頁



第 8/15 頁



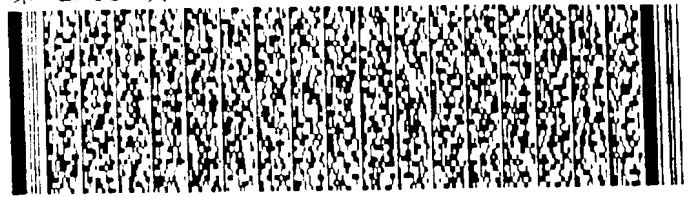
第 9/15 頁



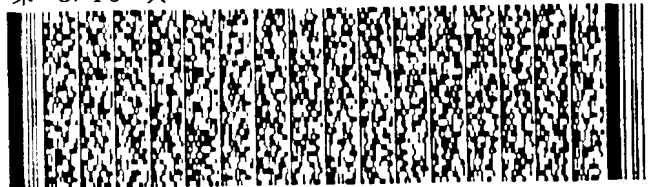
第 10/15 頁



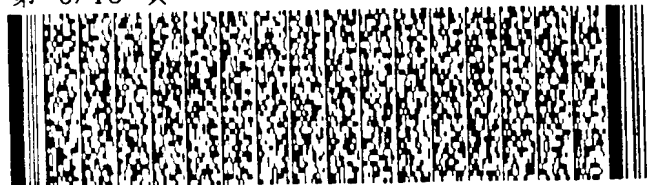
第 2/15 頁



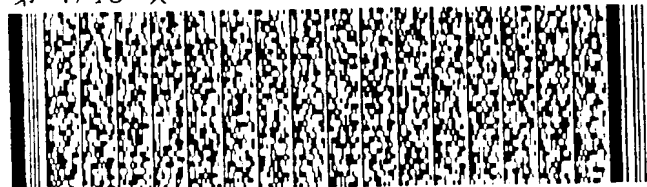
第 5/15 頁



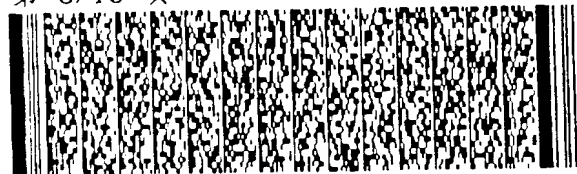
第 6/15 頁



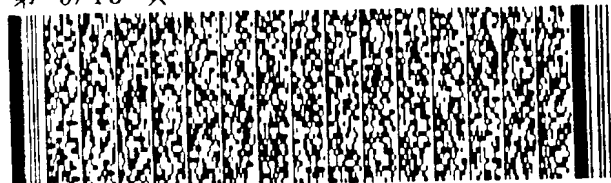
第 7/15 頁



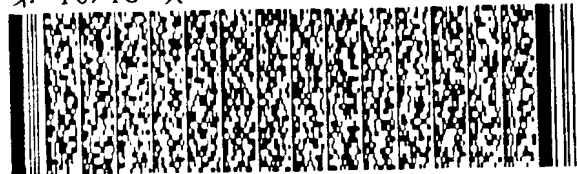
第 8/15 頁



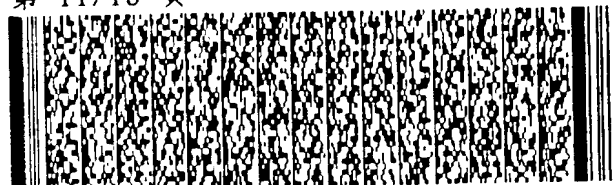
第 9/15 頁



第 10/15 頁

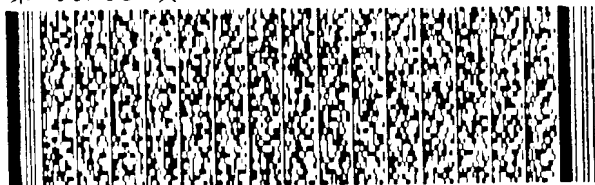


第 11/15 頁

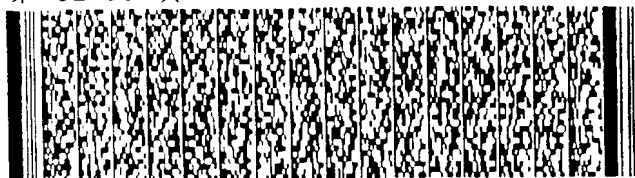


382662

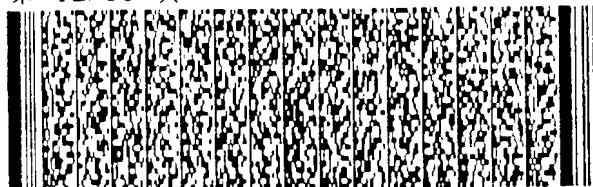
第 11/15 頁



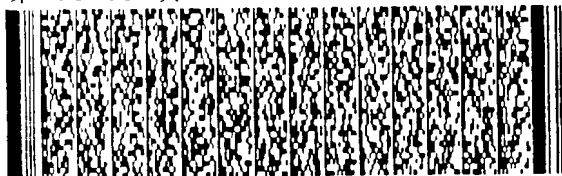
第 12/15 頁



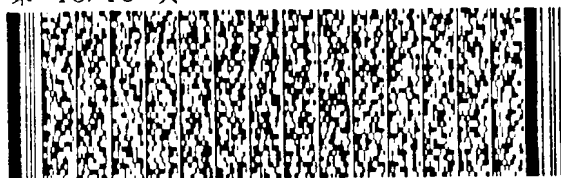
第 12/15 頁



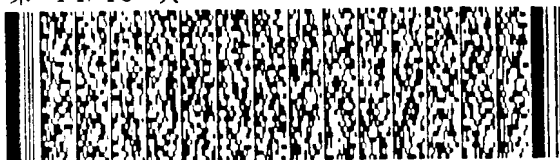
第 13/15 頁



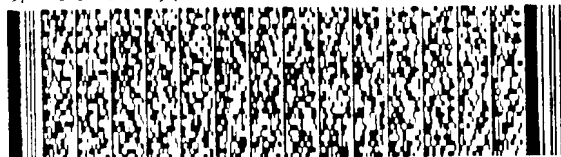
第 13/15 頁



第 14/15 頁



第 14/15 頁



第 15/15 頁

